مجلّهٔ جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای، سال چهاردهم، شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۵، شمارهٔ پیاپی ۲۷

DOI: 10.22067/geography.v14i2.42141

کاربرد مدل‌های RS-GIS در بهینه‌سازی گسترش شهری با تأکید بر حفظ محیط‌زیست (نمونهٔ موردی: شهر همدان)

احمد رومیانی (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران، نویسندهٔ مسئول)
aromyani@gmail.com
حیدر صالحی میشانی(دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران)
salehimishani@yahoo.com
لیلا وثوقی راد (دانشجوی دکتری مخاطرات آب‌وهواشناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران)
l_vosough@yahoo.com
بهمن قادری(دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران)
صمد امرائی(کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد ملایر، ملایر، ایران)

صص ٦٦ ـ ٥١

چکیده

اهداف: هدف از این پژوهش، بررسی بهینه‌سازی گسترش شهر همدان در جهت حفظ محیط‌زیست است. بنابراین برنامه‌ریزی برای بهترین مکان‌ها جهت توسعهٔ فیزیکی گسترش شهر که کمترین آسیب‌ها را به کاربری‌های کشاورزی و محیط-زیست ایجاد کند، در زمرهٔ اهداف این تحقیق است.

روش: نوع تحقیق کاربردی و روش مورداستفاده توصیفی ـــ تحلیلی است. برای بررسی بهینه‌سازی گسترش اندازه‌گیری‌های فضایی شهر از تکنیک‌های نوین سنجش از دور استفاده شده و تغییرات کاربری اراضی شهر بین سال‌های ۱۹۸٦ تا ۲۰۱۱، درنظر گرفته شده است.

یافته‌ها/ نتایج: بررسی‌ها نشان‌دهندهٔ کاهش شدید اراضی کشاورزی و باغات درنتیجهٔ تبدیل آنها به اراضی ساخته‌شده است. بنابراین با استفاده از مدل AHP، مشخّصات اراضی براساس نیازهای توسعهٔ شهری به پنج طبقه، از کاملاً مناسب تا کاملاً نامناسب تقسیم شدند تا گسترش آتی شهر، تنها در اراضی بایر و فاقد پوشش گیاهی که دارای شرایط مناسب جهت توسعهٔ فیزیکی شهر هستند، صورت گرفته است.

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۲/۲۰ تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۰۲/۱۱

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از ارزیابی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که بیشترین افزایش سطوح کاربری در منطقۀ شهری همدان طی سال‌های مذکور، صورت گرفته است. بنابراین زمین‌های کشاورزی به همراه باغات منطقه بیشترین کاهش‌ها را نشان داداند. حال اگر این روند گسترش کالبدی شهر ادامه پیدا کند تا سال ۲۰۲۵، مساحتی معادل ۷۲۰/۶۳ هکتار زمین کشاورزی و پوشش گیاهی تخریب خواهد شد. بنابراین بهترین مکان برای گسترش آتی شهر همدان بیشتر در مناطق شمال‌غربی و شرق شهر واقع شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: بهینه‌سازی گسترش شهری، شهر همدان، سیستم اطّلاعات جغرافیایی، سنجش از دور

۱. مقدّمه

شهرها بعد از انقلاب صنعتی با رشدی شتابان در حال گسترش و توسعه هستند، به‌طوری‌که در حال حاضر فرایند توسعۀ شهرها یکی از مهم‌ترین موضوعات پیش‌روی پژوهشگران مسائل شهری است. افزون بر میزان رشد شهرها، چگونگی تغییرات کاربری‌ها در سطح کلان، موجب بروز مشکلاتی، ازجمله: تراکم ترافیک، آلودگی محیط‌زیست، کاهش فضای باز و برنامه‌ریزی‌نشدۀ توسعۀ زمین شده است (سویونگ[1]، ۲۰۱۱، صص. ۱۳۵ــ ۱۵۱). این روند طی دهه‌های اخیر، خصوصاً در کشورهای درحال‌توسعه و توسعه‌نیافته، سبب در حاشیه قرارگرفتن روستاها، افزایش نرخ رشد جمعیت و مهاجرت بخش زیادی از جمعیت روستایی به‌سمت مراکز شهری شده و مسائل بسیاری بر دوش این دسته از کشورها گذاشته است(شیعه، ۱۳۷۷، ص. ٦۵). این امر علاوه بر تغییر در الگوهای کاربری اراضی، اثرات وسیعی روی جامعه، اقتصاد ناحیه‌ای، محلّی و محیط زیست گذاشته است(جواهری[2]، ۲۰۰٦، صص. ۱۷۷ـ۱۸۷). از سوی دیگر با توجّه به رشد جمعیت و گسترش شهرها در جهان، انتظار می‌رود که حدود ٦۰ درصد از جمعیت جهان تا سال ۲۰۳۰ در مناطق شهری زندگی کنند که ۹۰ درصد آن در کشورهای درحال‌توسعه است(کای، چون‌فنگ، جیانگ، لایگین، و چانگ[3]، ۲۰۱۲، ص. ۱). بنابراین رشد شهرها در چند سال آتی نیز گریزناپذیر است. یکی از

1. Soyoung
2. Javaheri
3. Kai,Chunfang, Jing, Ligin & Chonget

راهکارهایی که می‌توان از مشکلات ذکرشده بکاهد و نقش مؤثّری در رشد و توسعهٔ شهری کشورهای توسعه‌یافته به‌دنبال داشته باشد، به‌کارگیری تجزیه‌وتحلیل فرایند توسعهٔ شهری و استفاده از استراتژی‌های مدیریت مناسب با سازگاری محیط‌زیست شهری است(فنگ، جرج، جرتنرا، سان، و آندرسون[1]، ۲۰۰۵، ص. ۲۹٤). به عبارت دیگر، یکی از این راه‌حل‌ها برای حفظ محیط‌زیست، مکان‌یابی بهینهٔ توسعهٔ شهری است(ژئو[2]،۲۰۱۰، ص.۲٤٦). نظارت بر تغییرات شهری مستلزم درنظرگرفتن دو نقطهٔ کلیدی: ۱- تغییرات براساس شرح و تجزیه‌وتحلیل توزیع فضایی و ویژگی‌های ساختاری استفاده از زمین شهری ۲ـ مدل‌سازی و پیش‌بینی تغییر فضا، زمان و تبدیل آن به مسائل مهم است(دنگ، وند، هنگ، و کیو[3]، ۲۰۰۹، ص. ۱۸۹). پیشرفت‌های اخیر درزمینهٔ سنجش از دور، GIS، تکنیک‌های فضازمینی و پیشرفت در رشته‌هایی مانند چشم‌انداز اکولوژی در کمّیت، نظارت، مدل‌سازی و پیش‌بینی توسعهٔ شهری، تأثیر شگرفی در مدیریت گسترش فیزیکی شهر از یک‌سو و حفظ منابع زیست‌محیطی از سوی دیگر ایجاد کرده است(فام، یاماچی، و بوآی[4]، ۲۰۱۱، صص. ۲۲۳ـ۲۳۰). به‌طوری‌که با استفاده از داده‌های سنجش از راه دور می‌توان به درک نحوهٔ تغییر الگوهای شهری، مدل‌سازی توسعه و تغییرات فرایندهای شهری و تهیهٔ نقشه‌های توسعهٔ کالبدی شهر پرداخت و نقشهٔ پوشش ارضی را در ارتباط با آن تحلیل کرد(پنگ، ونگ، زانگ، وو، لی، و یولی[5]،۲۰۱۰، ص.۲۲۰). توسعهٔ فیزیکی و رشد شهرهای ایران تا چند دهه پیش، هماهنگ و متناسب با نیازهای جامعهٔ شهری و منابع محیطی بوده است، امّا شهرها (به‌ویژه شهرهای بزرگ) با بروز تحوّلات جدید، به‌سرعت تغییرات و دگرگونی‌هایی را پذیرا شدند. این دگرگونی‌ها به شکل رشد سریع جمعیت و گسترش فیزیکی شتاب‌آمیز شهرها و نیز به‌صورت نامتعادل و ناهماهنگ با محیط‌زیست درآمده است.

۲. پیشینهٔ تحقیق

اگرچه درزمینهٔ استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در تهیهٔ نقشهٔ تغییرات کاربری اراضی مطالعات نسبتاً زیادی صورت گرفته است، امّا تلفیق این روند با مکان‌گزینی بهینهٔ گسترش

1. Fang , Georg, Gertnera, Sun, & Andersonc
2. Zhao
3. Deng ,Vand, Hong & Qi
4. Pham, Yamaguchi & Bui
5. Peng, Wang, Zhang, Wu, Li & You Li

آتی با درنظرداشتن ملاحظات زیست‌محیطی، کار نوینی است که در این تحقیق ارائه می‌گردد. ازجمله پژوهش‌های انجام‌شده می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

یوسف[1] و پارادهان (۲۰۱۱) با به‌کارگیری سیستم اطّلاعات جغرافیایی و سنجش از دور، به ارزیابی تناسب توسعهٔ شهری و رتبه‌بندی منطقه براساس شرایط زیست‌محیطی، زمین‌شناسی و ژئوتکتونیک در سواحل مصر پرداختند. پارک،[2] جانب، کیم و چویا (۲۰۱۱) در مقاله‌ای به پیش‌بینی و مقایسهٔ رشد شهری با استفاده از سیستم اطّلاعات جغرافیایی و سنجش از دور پرداختند. آنها به این منظور از رگرسیون لجستیک، شبکهٔ عصبی مصنوعی و فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی استفاده کردند. ابراهیم‌زاده و رفیعی(۱۳۸۸) در مقاله‌ای با عنوان «مکان‌یابی بهینهٔ جهات گسترش شهری با بهره‌گیری از سیستم اطّلاعات جغرافیایی» با درنظرگرفتن شاخص‌های طبیعی و انسانی، ازقبیل جهت شیب، قابلیت اراضی، اراضی سیلاب‌خیز، گسل، صنایع و نیز با به کارگیری توابع سیستم اطّلاعات جغرافیایی جهات مناسب گسترش برای شهر مرودشت را مشخّص کردند. احدنژاد، زلفی، و شکری‌پور دیزج (۱۳۹۰) گسترش فیزیکی شهر اردبیل را با استفاده از تصاویر چندزمانه و سیستم اطّلاعات جغرافیایی ارزیابی کردند. آنها همچنین با استفاده از مدل CA-MARCOV به پیش‌بینی این تغییرات تا سال ۱٤۰۰ پرداختند.

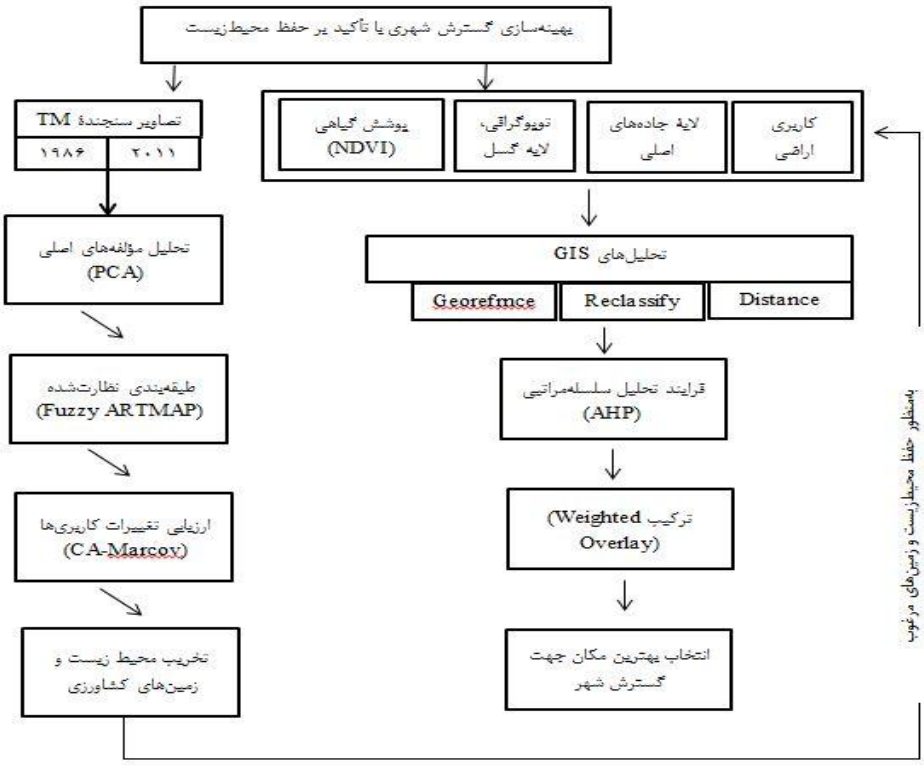
۳. روش‌شناسی پژوهش

۳. ۱. روش تحقیق

هدف اصلی از این مطالعه، ارزیابی گسترش شهر همدان در طی سال‌های ۱۹۸٦ تا ۲۰۱۱ و پیش‌بینی چگونگی گسترش آن تا سال ۲۰۲۵ به‌منظور ارائهٔ الگویی مناسب برای مکان‌یابی بهترین جهات گسترش شهر است. برای دستیابی به این مهم، از داده‌های سنجش از دور[3]، سیستم اطّلاعات جغرافیایی و مدل سلسله‌مراتبی[4] استفاده شده است. منبع اصلی داده‌های سنجش از دور، تصاویر ماهوارهٔ لندست در سال ۱۹۸٦ و ۲۰۱۱ بوده است که پس از اعمال تصحیحات رادیومتری و هندسی مورداستفاده قرار گرفت. با توجّه به اهداف این تحقیق، ابتدا

1. Youssef & Pradhan
2. Park, Jeonb, Kimc & Choia
3. Remote Sensing (RS)
4. Analytical Hierarchy process

نقشهٔ کاربری زمین در دورهٔ زمانی موردمطالعه، بـا اسـتفاده از مـدل FUZZY ARTMAP تهیه شد که برای ارزیابی دقّت این طبقه‌بندی، از تصـاویر گوگـل ارس[1] کـه دارای کیفیتـی در حد نیم‌متر است، استفاده گردید. سپس تغییرات کاربری‌ها در طی مدّت موردمطالعه با اسـتفاده از مدل LCM [2] محاسبه شد و براساس تغییرات کاربری‌ها در این بازه، روند این تغییـرات تـا سال ۲۰۲۵ با استفاده از مدل CA-MARCOV مشـخّص گردیـد. در گـام بعـدی بـه‌منظـور مکان‌گزینی بهینهٔ روند گسترش شهر، شاخص‌های مناسب انتخاب شدند و هریـک از آنهـا بـا توجّه به هدف موردنظر و با عنایت به نظر کارشناسان در مدل تحلیل سلسله مراتبی ارزیـابی و ارزش‌گذاری شدند. درنهایت هرکدام از لایه‌ها با درنظرداشتن وزن نسبی آنها بـه کمـک تـابع Weighted Overlay با هم ترکیب شده و نقشهٔ نهایی حاصل گردید.



شکل ۱ـ مدل مفهومی تحقیق

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

1. Google earth
2. Land Change Modeler

۳. ۲. تکنیک‌های تحقیق

۳. ۲. ۱. شاخص NDVI

در این روش با انجام عملیات جبری بین باندها می‌توان اطّلاعات خاصّی را استخراج کرد. یکی از مهم‌ترین عملیاتی که به این روش انجام می‌شود، استفاده از اندیس‌های مختلف جهت استخراج پوشش‌های گیاهی از تصویر است. یکی از معروف‌ترین این شاخص‌ها، شاخص تفاضلی نرمال‌شدۀ پوشش گیاهی[1] است که با انجام عملیاتی مطابق ذیل می‌توان عوارض پوشش گیاهی را نسبت به دیگر عوارض مشخص کرد(نوروزی اقدم، بهبهانی، رحیمی خوب، و عقیقی، ۱۳۸۷، ص. ۱۲۷).

$$NDVI=\frac{NIR-R}{NIR+R}$$

تصاویر مورداستفاده برای تهیۀ شاخص تفاضلی نرمال‌شدۀ پوشش گیاهی مربوط به داده-های سنجندۀ TM است که در این مورد، از داده‌های مربوط به باندهای مادون قرمز و قرمز که با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر بوده، استفاده شده است. تاریخ تصاویر مربوط به سال ۱۳۹۰ است. در تصاویر TM باند NIR یا مادون قرمز نزدیک، مربوط به باند چهار این سنجنده است و باند R مربوط به باند قرمز بوده که در سنجندۀ TM باند دوم می‌باشد. با علم به اینکه دامنۀ اعداد حاصل از شاخص موردنظر بین ۱- تا ۱+ است، در این مورد بعد از تهیۀ شاخص با طبقه‌بندی مجدّد تصویر پوشش گیاهی از غیر پوشش گیاهی تفکیک شده و بدین‌ترتیب نقشۀ نهایی پوشش گیاهی برای منطقۀ موردنظر ایجاد گردید. با توجّه به اینکه تصاویر سنجندۀ TM در مقایسه با تصاویر دیگر سنجنده‌های ماهوارۀ لندست، از تفکیک مکانی و طیفی خوبی برخوردار است، بنابراین نتایج به‌دست‌آمده به‌خوبی در تشخیص پوشش گیاهی می‌تواند مورداستفاده قرار بگیرد و حتّی فضاها و مناطقی که حداقل ۹۰۰ متر مربّع وسعت داشته باشند، می‌توانند در این نوع تصاویر به‌دقّت شناسایی شوند.

۳. ۲. ۲. مدل AHP

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی[2] یکی از کارآمدترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمنظوره است و برای وضعیت‌های پیچیده که سنجه‌های چندگانه و متضاد دارند، ابزار تصمیم‌گیری

1. Normalized Difference Vegetation Index(NDVI)
2. Analytical Hierarchy process

نرمش‌پذیر و درعین‌حال قوی به‌شمار می‌رود. این مدل اوّلین بار توسّط توماس ال‌ساعتی در ۱۹۸۰ مطرح شد(قدسی‌پور،۱۳۸۱، ص. ۱۸). ساختار مدل AHP براساس مقایسه‌های زوجی بنا نهاده شده و امکان بررسی سناریوهای مختلف را به مدیران می‌دهد(تیموری، روستایی، زمانی، و احدنژاد، ۱۳۸۹، ص. ۱۶۲). به‌طورکلّی این روش شامل سه گام است که به شرح زیر بیان می‌شوند:

مرحلهٔ اوّل: شامل آماده‌سازی داده‌ها و تشکیل ماتریس دوتایی است که این کار با درنظرگرفتن مقیاس ۹ کمیتی توماس ال‌ساعتی[1] ـ که براساس اهمّیت معیارها از ۱ تا ۹ وزن می‌گیرند ـ انجام می‌شود. مرحلهٔ دوم: محاسبهٔ وزن نهایی معیارها است که برای این کار، اعداد هرکدام از ستون‌ها و ردیف‌ها در هم ضرب می‌شوند و سپس حاصل‌ضرب وزن‌ها را به توان ۱ N ام رسانده و درنهایت برای محاسبهٔ وزن نهایی معیارها، وزن‌های نرمال‌نشدهٔ هر ردیف به مجموع کلّ وزن‌های نرمال‌نشده تقسیم می‌شود که مجموع کلّ وزن‌های نهایی باید برابر با ۱ باشد (زبردست،۱۳۸۰، ص. ۳۶). مرحلهٔ سوم: به‌دست‌آوردن نسبت توافق که خود دارای چهار مرحله است:

محاسبهٔ AW: برای تعیین مقدار بردار باید هرکدام از وزن‌ها به مقدار وزن معیار ضرب شوند.

محاسبهٔ بردار توافق $L=\frac{1}{N}\left[\sum_{I=1}^{N}\left(\frac{AW}{WI}\right)\right]$

محاسبهٔ شاخص سازگاری $Ci=\frac{L-n}{n-1}$

محاسبهٔ ضریب سازگاری $CR=\frac{Ci}{Ri}$

همچنین در این تکنیک مقدار ضریب سازگاری باید کمتر از ۰/۱ باشد. در غیر این‌صورت نشان‌دهندهٔ عدم دقّت و عدم کارشناسی صحیح در دادن وزن معیارها است.

۳. ۲. ۳. تحلیل مؤلّفه‌های اصلی

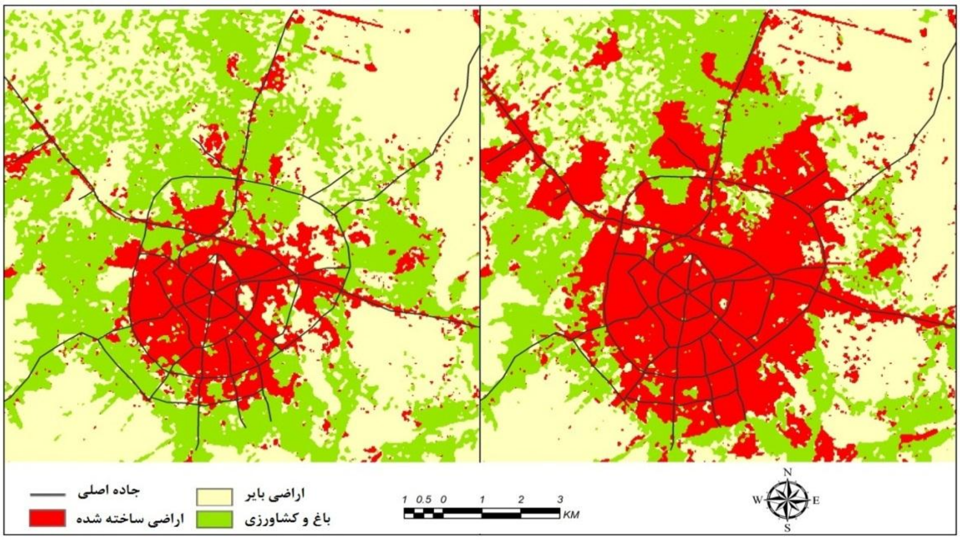
تحلیل مؤلّفه‌های اصلی یا تبدیل PCA ازجمله فرایندهای بازسازی اطّلاعات است که طی آن همبستگی موجود بین باندهای مختلف حذف و مجموعه‌های جدیدی از مؤلّفه‌های تصویری تولید می‌شود (بوبین[2]، ۱۹۹۴، صص. ۱۷ـ۲۶). مهم‌ترین فواید مؤلّفه‌های اصلی،

1. Thomas L. Saaty
2. Beaubien

جمع‌آوری و متراکم ساختن اطّلاعات پدیده‌های موجود در باندهای مختلف در تعداد باند یا مؤلّفه‌های کمتر است(علوی‌پناه، ۱۳۸۲، ص. ۸٤).

٤. یافته‌های تحقیق

بیشتر شهرهای ایران در مراحل اوّلیهٔ شکل‌گیری، با هدف استفاده از خاک‌های مرغوب به‌منظور زراعت، در میان اراضی زراعی استقرار یافته‌اند و به‌مرور زمان همراه با گسترش روستاها و تبدیل آنها به شهر و سپس توسعهٔ شهرها، اراضی مرغوب زیر پیکر شهرها مدفون شده و فعّالیت‌های زراعی ناگزیر به‌سمت اراضی نامرغوب عقب نشسته است. درنتیجه مشکلات فراوانی همزمان با گسترش مادرشهر در این مناطق به‌وجود می‌آید(سلطانی، ۱۳۷۱، ص. ۱۹). شهر همدان نیز از این امر مستثنی نبوده است. به‌نحوی‌که براساس شواهد موجود، این شهر در چند سال اخیر شاهد مهاجرت بسیاری از روستاییان بوده است که این امر موجب پراکندگی هرچه بیشتر شهر در اراضی بلافاصل شده است. بنابراین برای محاسبهٔ میزان و چگونگی گسترش شهر همدان، تصاویر سنجندهٔ TM ماهوارهٔ لندست[1] در دو مقطع زمانی ۱۹۸٦ و ۲۰۱۱ انتخاب و تجزیه‌وتحلیل شدند.



شکل ۲ـ کاربری اراضی منطقهٔ شهری همدان در طی سال‌های ۱۹۸٦ـ۲۰۱۱

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

1. Landsat

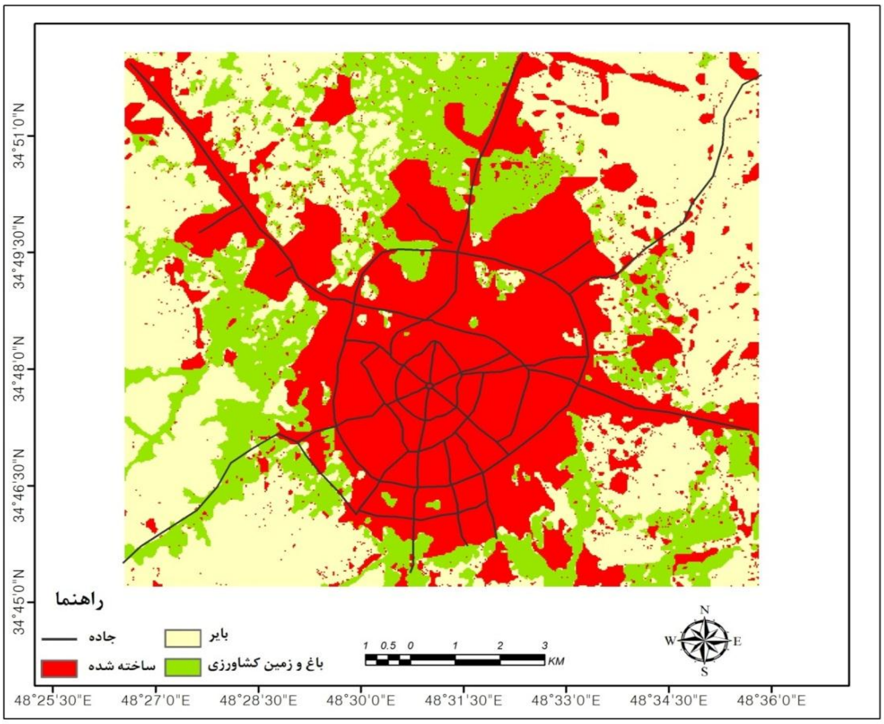
جدول ۱ـ میزان تغییرات کاربری‌های شهر همدان طی سال‌های ۱۹۸۶ـ۲۰۱۱

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

	ساخته‌شده	باغ و کشاورزی	زمین بایر	مجموع(۱۹۸۶)
ساخته‌شده	۲۵۳۰/۸	۰	۰	۲۵۳۰/۸
باغ و کشاورزی	۱۲۲۳/٦٤	۳۳۳۳/۱۵	۱۷۷۰/٤۸	٦۳۲۷/۲۷
زمین بایر	۱٦۸۳/۹	۱۱۲۰/۰۵	٦۳٤۹/۵	۹۱۵۳/٤۵
مجموع(۲۰۱۱)	۵٤۳۸/۳٤	٤٤۵۳/۲	۸۱۱۹/۹۸	۱۸۰۱۱/۵۲

براساس نتایج به‌دست‌آمده از جدول (۱) بیشترین افزایش سطوح کاربری در منطقهٔ شهری همدان طی سال‌های مذکور، مربوط به کاربری ساخته‌شده، با رشدی ۲۹۰۷/٥٤ هکتار معادل ۱۱٤/۸۸ درصدی است. درواقع شهر همدان مانند بیشتر شهرهای ایران طی سه دههٔ گذشته رشد فیزیکی خیره‌کننده‌ای داشته است. امّا آنچه بحران‌زا به‌نظر می‌رسد، کاهش ۱۸۷٤/۰۷ هکتاری زمین‌های کشاورزی به همراه باغات منطقه است که در این روند بیشترین کاهش را نشان می‌دهند. بنابراین می‌توان بیان داشت که در جریان توسعهٔ فیزیکی شهر همدان در ۲۵ سال اخیر، هرگز ملاحظات زیست‌محیطی مدّ نظر نبوده است و رشد فیزیکی شهر همواره موجب تخریب آن شده است. این درحالی است که شهر همدان با داشتن زمین‌های بسیار مرغوب یکی از قطب‌های کشاورزی کشور محسوب می‌شود. بنابراین اگر این روند ادامه داشته باشد، می‌توان انتظار داشت که در سال‌های آتی شهر همدان با مشکلاتی جدّی درزمینهٔ کمبود زمین مرغوب، تخریب مراتع و کاهش پوشش گیاهی مواجه خواهد شد. برای درک بهتر مطلب با استفاده از مدل آماری مارکوف[1] ابتدا احتمال تغییر کاربری‌ها محاسبه و سپس به کمک تابع سی.ای مارکوف[2] در نرم‌افزار ادریسی، روند تغییرات تا سال ۲۰۲۵ پیش‌بینی گردید(شکل ۳).

1. MARCOV
2. CA-MARCOV



شکل۳ـ پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی تا سال ۲۰۲۵

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

جدول۲ـ میزان تغییرات کاربری اراضی تا سال ۲۰۲۵

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

	ساخته‌شده	باغ و کشاورزی	زمین بایر	مجموع(۲۰۱۱)
ساخته‌شده	۵۴۳۸/۳۴	۰	۰	۵۴۳۸/۳۴
باغ و کشاورزی	۴۸۳/۵۷	۳۷۲۸/۶۱	۲۴۱/۰۲	۴۴۵۳/۲
زمین بایر	۸۲۸/۲۷	۳/۹۶	۷۲۸۷/۷۵	۸۱۱۹/۹۸
مجموع(۲۰۲۵)	۶۷۵۰/۱۸	۳۷۳۲/۵۷	۷۵۲۸/۷۷	۱۸۰۱۱/۵۲

نتایج به‌دست‌آمده از پیش‌بینی تغییرات تا سال ۲۰۲۵ (جدول ۲) نشان داد که با حفظ تمام شرایط، کاربری ساخته‌شده با رشدی ۲۴ درصدی، مساحتی برابر با ۶۷۵۰/۱۸ هکتاری پیدا خواهد کرد. همچنین باغات و زمین‌های کشاورزی با کاهشی ۱۶ درصدی در سال ۲۰۲۵، تنها مساحتی معادل ۳۷۳۲/۵۷ هکتار خواهند داشت که چیزی شبیه به یک فاجعهٔ شهری است. با درک این واقعیت که ایران دارای جمعیتی جوان است و با توجّه به سیاست‌های جمعیتی

حاکم، انتظار توقّف رشد شهرها محال به‌نظر می‌رسد. پس ناگزیر بهترین راهکار، انتخاب مکان‌های بهینه جهت گسترش آتی شهر است، تا ضمن حفظ منابع زیست‌محیطی و زمین‌های کشاورزی، شهر فضایی را برای توسعه داشته باشد. ازاین‌رو از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی که طبق مطالعات پیشین (وحیدنیا[1]، آل شیخ، و علی‌محمّدی، ۲۰۰۹، ص. ۳۰٤۸؛ لیائو[2] و کوآ، ۲۰۱۰، ص. ۵۷۱) مدلی مناسب برای مکان‌یابی‌های چندمعیاره محسوب می‌شود، استفاده گردید. اوّلین گام در مکان‌یابی، انتخاب معیارهای مناسب است. معیارهای مکان‌یابیِ گسترشِ شهر در منابع مختلف متفاوت ذکر شده‌اند. بنابراین با انجام مطالعات لازم و نیز با درنظرداشتن شرایط محیطی منطقهٔ موردمطالعه، شاخص‌های مناسب انتخاب گردید و وزن نسبی هریک از آنها با توجّه به نظر کارشناسان و تجربیات مؤلّفان در این زمینه مشخّص شد.

جدول۳ـ معیارها و استانداردهای مورداستفاده برای مکان‌یابی اراضی ساخته‌شده

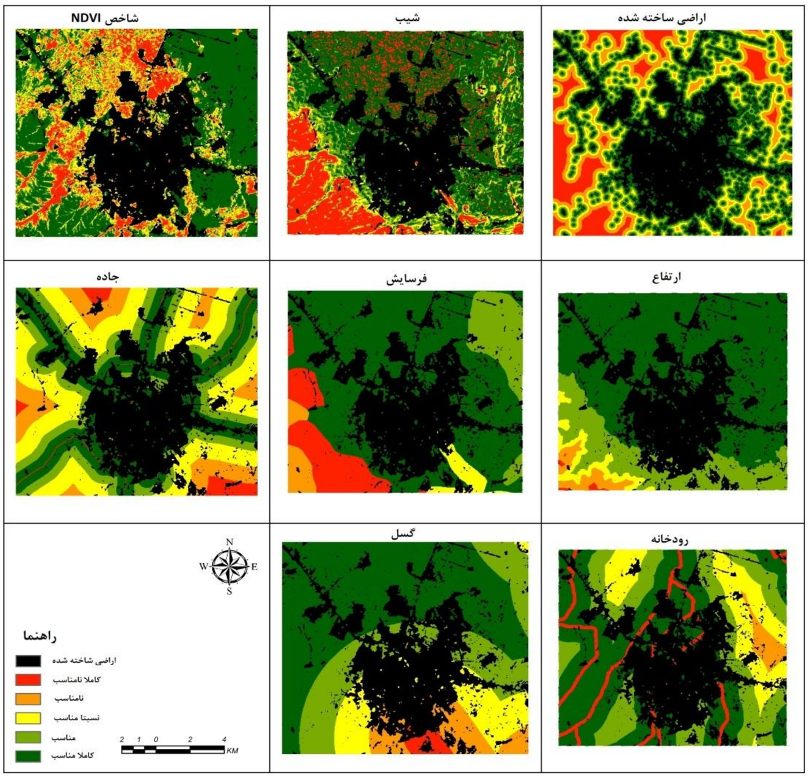
مآخذ: یوسف و پارادهان، ۲۰۱۱، ص. ٤٦٨؛ نگارندگان، ۱۳۹۳

	۱	۳	۵	۷	۹
شاخص NDVI	۰/۳–۰/۷	۰/۲–۰/۳	۰/۱–۰/۲	۰/۰٦–۰/۱	-۱–۰/۰٦
شیب به درصد	۲–۰ و بیش از ۱۵	۱۲–۱۵	۸–۱۲	۵–۸	۲–۵
فاصله از گسل	۰–۱۰۰۰	۱۰۰۰–۲۰۰۰	۲۰۰۰–۵۰۰۰	۵۰۰۰–۷۰۰۰	بیش
فاصله از رودخانه	۱۰۰–۰ و بیش از	۵۰۰۰–۳۰۰۰	۲۰۰۰–۳۰۰۰	۱۰۰۰–۲۰۰۰	۱۰۰–۱۰۰۰
فاصله از جادّه	۵۰–۰ و بیش از ۳۰۰۰	۲۰۰۰–۳۰۰۰	۱۰۰۰–۲۰۰۰	۵۰۰–۱۰۰۰	۵۰–۵۰۰
فاصله از اراضی ساخته شده	بیش از ۵۰۰	۳۰۰–۵۰۰	۲۰۰–۳۰۰	۱۰۰–۲۰۰	۰–۱۰۰
ارتفاع	بیش از ۲٤۰۰	۲۲۰۰–۲٤۰۰	۲۰۰۰–۲۲۰۰	۱۹۰۰–۲۰۰۰	-۱۹۰۰
فرسایش	خیلی شدید	شدید	نسبتاً کم	کم	خیلی کم

مجموع شاخص‌های بالا از چهار منبع اطّلاعاتی، شامل لایهٔ کاربری اراضی شهری، تصویر TM تابستان ۲۰۱۱، لایهٔ DEM ماهوارهٔ استر و نقشهٔ توپوگرافی و زمین‌شناسی استان استخراج شدند. سپس هریک از لایه‌های موردنظر، بعد از استانداردسازی و GIS Ready کردن به کمک تابع‌های موجود در اکستنشن Spatial Analayst در نرم‌افزار ArcGIS و

1. Vahidnia, Alesheikh & Alimohammadi
2. Liao& Kao

براساس توابع تعریف‌شده در جدول (۳) تجزیه‌وتحلیل شدند و مناطق مطلوب مشخّص گردید(شکل ٤).



شکل٤ـ کاربری‌های مورداستفاده برای مکان‌یابی اراضی ساخته‌شده

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

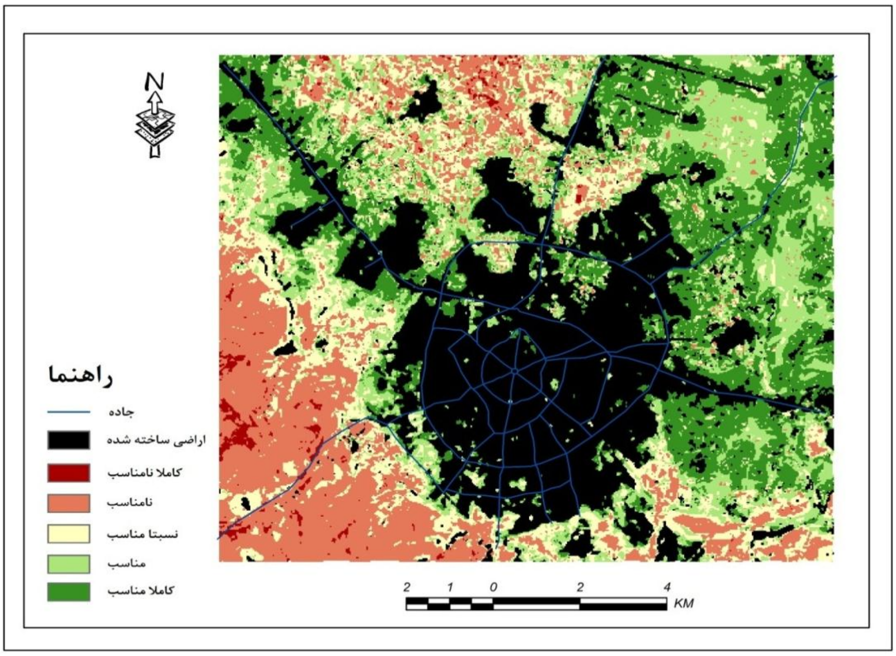
سپس با استفاده از مدل AHP، مقایسه‌ای بین معیارها در رابطه با هدف موردنظر انجام شد تا اهمّیت هر شاخص در مکان‌یابی مشخّص گردد که با توجّه به هدف این تحقیق، شاخص پوشش گیاهی با وزن ۰/۲۵ بیشترین اهمّیت را به خود اختصاص داده است(جدول ٤).

جدول٤ـ ضریب تأثیر سناریوهای موردمطالعه با استفاده از مدل AHP

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۳

نوع شاخص	شاخص NDVI	شیب	ساخته‌شده	جادّه	فرسایش	ارتفاع	رودخانه	گسل
ضریب تأثیر	۰/۲۵	۰/۲۲	۰/۱٦	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۰۵	۰/۰٤
ضریب سازگاری	۰/۰٤							

سپس لایه‌های موجود با درنظرداشتن وزن نسبی با هم ترکیب شدند و مناطق مناسب مشخّص گردید(شکل ٥).



شکل ٥ـ مناطق اولویت‌دار برای گسترش اراضی ساخته‌شده در محدودهٔ شهری همدان

مأخذ: نگارندگان، ١٣٩٣

جدول ٥ـ مساحت مناطق اولویت‌دار برای گسترش اراضی ساخته‌شده

مأخذ: نگارندگان، ١٣٩٣

وزن نسبی	مساحت به هکتار	درصد
١	١٧٦/٢٩	٠/٩٨
٣	٣٢٦٧/٧	١٨/١٤
٥	٢٥٨٨/٥٩	١٤/٣٧
٧	٣٨٨٠/٦	٢١/٥٥
٩	٢٦٦٠	١٤/٧٧
ساخته‌شده	٥٤٣٨/٣٤	٣٠/١٩
مجموع	١٨٠١١/٥٢	١٠٠

با توجّه به جدول (٥) می‌توان دید که از مساحت ١٨٠١١/٥٢ هکتاری منطقه، ٨٠٩٨/٣٤ هکتار معادل ١٤/٧٧ درصد از کلّ مساحت منطقه دارای وضعیتی کاملاً مناسب جهت گسترش فیزیکی شهر و ١٧٦/٢٩ هکتار معادل ٠/٩٥ درصد دارای وضعیتی کاملاً ناسازگار است.

همچنین می‌توان دید که اراضی کاملاً مناسب، عموماً در فاصلهٔ نزدیکی از شهر و در اراضی بایر قرار گرفته‌اند تا ضمن حفظ محیط‌زیست شهری، به‌عنوان مهم‌ترین هدف پژوهش حاضر، صرفهٔ اقتصادی نیز رعایت شود.

۵. نتیجه‌گیری

زمین اصلی‌ترین عنصر در توسعهٔ شهری است. ازاین‌رو کنترل نحوهٔ استفاده از آن و همچنین محاسبهٔ نیاز واقعی شهر به زمین، به‌منظور تأمین کاربری‌های مختلف در زمان حال و تعمیم و تطبیق ارقام و کمّیت‌های به‌دست‌آمده به آینده در حلّ مشکل زمین و مسکن و رشد مناسب شهرها، مؤثّر واقع می‌شود (خاکپور، ولایتی، و کیانژاد، ١٣٨٦، ص. ٤٧). بنابراین این پژوهش به‌منظور ارزیابی و مکان‌یابی بهینهٔ گسترش فیزیکی شهر همدان با تأکید بر حفظ محیط‌زیست انجام گرفته است. برای این منظور ابتدا تصاویر ماهواره‌ای در سال‌های ١٩٨٦ و ٢٠١١ بررسی شد. سپس با توجّه به روند کنونی رشد شهر، جهت پیش‌بینی گسترش آن تا سال ٢٠٢٥ از مدل CA-MARKOV استفاده شد. درنهایت، به‌منظور بهینه‌سازی جهات گسترش شهر، معیارهای لازم انتخاب و به کمک مدل AHP بهترین مناطق مشخّص شد.

نتایج حاصل از ارزیابی تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که بیشترین افزایش سطوح کاربری در منطقهٔ شهری همدان طی سال‌های مذکور، مربوط به کاربریِ ساخته‌شده است. در این میان زمین‌های کشاورزی به همراه باغات منطقه بیشترین کاهش را نشان می‌دهند. حال اگر این روند گسترش کالبدی شهر ادامه پیدا کند، تا سال ٢٠٢٥ مساحتی معادل ٧٢٠/٦٣ هکتار زمین کشاورزی و پوشش گیاهی تخریب خواهد شد. بنابراین مکان‌یابی جهت بهینه برای گسترش شهر، امری ضروری و حیاتی به‌نظر می‌رسد. بدین‌منظور شاخص‌های مؤثّر در مکان‌یابی گسترش شهر، انتخاب و اهمّیت نسبی هریک از آنها مشخّص گردید. سپس با تلفیق نقشه‌ها بهترین مکان مشخّص شد؛ به‌طوری‌که از مساحت ١٨٠١١/٥٢ هکتاری منطقه، ١٤/٧٧ درصد دارای شرایط کاملاً مناسب برای هدف موردنظر تشخیص داده شد. با توجّه به شکل(٥) بهترین مکان برای گسترش آتی شهر همدان، بیشتر در مناطق شمال‌غربی و شرق شهر واقع شده‌اند. همچنین قسمت‌های جنوبی به‌دلیل پوشش متراکم، مرغوب‌بودن زمین‌های کشاورزی، محدودیت ارتفاع و شیب، فاقد ارزش مناسب جهت توسعهٔ شهر است. با توجّه به نتایج

به‌دست‌آمده از تحقیق، بهتر است این گسترش در مکان‌های کاملاً مناسب صورت گیرد تا کمترین آسیب را به محیط برساند.

کتابنامه

۱. ابراهیم‌زاده، ع.؛ رفیعی، ق. (۱۳۸۸). مکان‌یابی بهینهٔ جهات گسترش شهری با بهره‌گیری از سیستم اطّلاعات جغرافیایی(مطالعهٔ موردی: مرودشت). *جغرافیا و توسعه*، *۷*(۱۵)، ٤٥ـ۷۰.

۲. احدنژاد روشتی، م.؛ زلفی، ع.؛ و شکری‌پور دیزج، ح. (۱۳۹۰). ارزیابی گسترش فیزیکی شهرها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه و سیستم اطّلاعات جغرافیایی(مطالعهٔ موردی: شهر اردبیل ۱۳٦۳ـ۱٤۰۰). *فصلنامهٔ آمایش محیط*، *۱۵*، ۱۰۷ـ۱۲٤.

۳. تیموری، ر.؛ روستایی، ش.؛ زمانی، ا.؛ و احدنژاد، م. (۱۳۸۹). ارزیابی تناسب فضایی ـ مکانی پارک‌های شهری با استفاده از GIS (مطالعهٔ موردی: پارک‌های محلّه‌ای منطقهٔ ۲ تبریز). *مجلّهٔ فضای جغرافیایی اهر*، *۱۰*(۳۰)، ۱۳۷ـ۱٦۸.

٤. خاکپور، ب.؛ ولایتی، س.؛ و کیانژاد، ق. (۱۳۸٦). الگوی تغییر کاربری شهر بابل طی سال‌های ۱۳٦۲ـ۱۳۷۸. *مجلّهٔ جغرافیا و توسعهٔ ناحیه‌ای*، *۹*، ٤٥ـ٦٤.

۵. زبردست، ا. (۱۳۸۰). کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای. *نشریهٔ هنرهای زیبا*، *۲*(۱۰)، ۱۳ـ۲۱.

٦. سلطانی، ک. (۱۳۷۱). *مجموعه مباحث و روش‌های شهرسازی: محیط زیست*. تهران: مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.

۷. شیعه، ا. (۱۳۷۷). *مقدّمه‌ای بر مبانی برنامه‌ریزی شهری*. تهران: انتشارات دانشگاه علم صنعت.

۸. علوی‌پناه، ک. (۱۳۸۲). *کاربرد سنجش از دور در علوم زمین(علوم خاک)*. چاپ اوّل. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

۹. قدسی‌پور، ح. (۱۳۸۱). *فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP*. چاپ سوم. تهران: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

۱۰. نوروزی اقدم، ا.؛ بهبهانی، م.ر.؛ رحیمی خوب، ع.؛ و عقیقی، ح. (۱۳۸۷). مدل رطوبتی لایهٔ سطحی خاک با استفاده از شاخص NDVI. *مجلّهٔ محیط‌شناسی*، *۳٤*(٤۸)، ۱۲۷ـ۱۳٦.

11. Beaubien, J. (1994). Landsat TM satellite images of forests: From enhancement to classification.*Canadian Journal of Remote Sensing*, *20*(1), 17-26.

12. Deng, J.S., Wand, K., Hong, Y., & Qi, J.G. (2009). Spatio-temporal dynamics and evolutionof land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization.*Landscape and Urban Planning*,*92*(3–4), 178-198.

13. Fang, S., George, Z., Gertnera, G.Z., Sun, Z., & Andersonc, A.A. (2005). The impact

ofinteractions in spatial simulation of the dynamics of urban sprawl. *Landscapeand Urban Planning*, *73*, 296-306.

14. Javaheri, H., Nasrabadi, T., Jafarian, M. H., Rowshan, G.R., Khoshnam, H. (2006). SITE selection of municipal solid waste landfills using analytical hierarchy process method in a geographical information technology environment in giroft. *Journal of Environmental Health Science & Engineering* , *3*(3),177-184.
15. Liao, C. N., &Kao, H. P. (2010). Supplier selection model using Taguchi loss function, analytical hierarchy process and multi-choice goal programming.*Computers and Industrial Engineering*, *58*(4),573-577.
16. Park, S., Jeon, S., Kim, S., & Choi, C. (2011). Prediction and comparison of urban growth by land suitability index mapping using GIS and RS in South Korea. *Landscape and Urban Planning*, *99*(2), 104-114.
17. Park, S., Jeon, S., Kim, S.R., & Choi, C. (2011). Prediction and comparison of urban growth by land suitability index mapping using GIS and RS in South Korea. *Landscape and Urban Planning*, *99*(2), 104-114.
18. Peng, J., Wang, Y., Zhang, Y., Wu, J., Li, W., & Li, Y. (2010).Evaluating the effectiveness of landscape metrics in quantifying spatial patterns. *Ecological Indicators*, *10*(2), 217-223.
19. Pham, H. M., Yamaguchi, Y., & Bui, T. Q. (2011).A case study on the relation between city planning and urban growth using remote sensing and spatial metrics.*Landscape and Urban Planning*, *100*(3), 223-230.
20. United Nations. (2011). *World urbanization prospects*: *The 2011 revision*. New York : United Nations
21. Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A., &Alimohammadi, A. (2009).Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives.*Journal of Environmental Management*, *90*(10), 3048-3056.
22. Verburg, P. H., van Eck, J. R. R., de Nijs, T. C., Dijst, M. J., &Schot, P. (2004). Determinants of land-use change patterns in the Netherlands. *Environment and Planning B: Planning and Design*, *31*(1), 125-150.
23. Wang, G., Qin, L., Li, G., & Chen, L. (2009).Landfill site selection using spatial information technologies and AHP: A case study in Beijing, China.*Journal of Environmental Management*, *90*(8), 2414-2421.
24. Xu, K., Kong, C., Li, J., Zhang, L., & Wu, C. (2011).Suitability evaluation of urban construction land based on geo-environmental factors of Hangzhou, China.*Computers and Geosciences*, *37*(8), 992-1002.
25. Youssef, A., &Biswajeet, P. (2011). Integrated evaluation of urban development suitability based on remote sensing and GIS techniques: Contribution from the analytic hierarchy process. *Arabian Journal of Geosciences*, *4*(3), 463-473.
26. Zhao, P. (2010). Sustainable urban expansion and transportation in a growing megacity: Consequences of urban sprawl for mobility on the urban fringe of Beijing. *Habitat International*, *34*(2), 236-243